

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-039310

(43)Date of publication of application : 08.02.2000

(51)Int.Cl.

G01B 11/24

G01B 11/00

G01C 3/06

(21)Application number : 10-206864

(71)Applicant : SANYO ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 22.07.1998

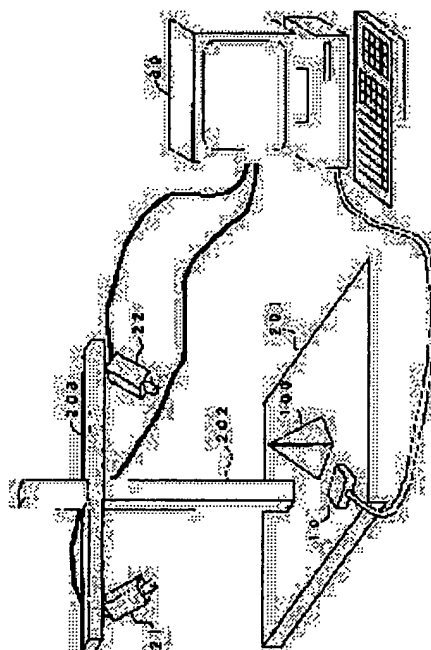
(72)Inventor : KANO HIROSHI
SAIJO ATSUO

(54) METHOD AND DEVICE FOR MEASURING SHAPE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To measure the shape of an object to be measured with a complex shape by obtaining the coordinates of a measurement point on the object to be measured of a measurement head center coordinates system, and by converting the measurement point on the object to be measured of the measurement head center coordinates system into world coordinates system coordinates based on the position information of a measurement head obtained by the world coordinates system.

SOLUTION: A post 202 is mounted onto a rest 201 where an object 100 to be measured is placed, and a horizontal bar 203 is mounted at the upper part of the post 202. Also, a device is provided with a measurement head 10 that can be freely moved, stereo cameras 21 and 22 that are mounted to both the ends of the horizontal bar 203, and a controlling device 30. Then, the measurement head 10 is used, and a measurement point on the object 100 to be measured of the coordinates system of a measurement head center is obtained. A rotary matrix R for indicating the movement of the measurement head 10 in a world coordinates (X-Z) system, and a translation vector (t) are obtained. Based on the obtained rotary matrix R and the translation vector (t), the coordinates of the measurement point on the object 100 to be measured of the measurement head center coordinates system are converted to the coordinates of the world coordinates system.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 30.05.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 30.07.2002

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-39310

(P2000-39310A)

(43) 公開日 平成12年2月8日(2000.2.8)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト* (参考)
G 0 1 B 11/24		G 0 1 B 11/24	C 2 F 0 6 5
	11/00	11/00	H 2 F 1 1 2
G 0 1 C 3/06		G 0 1 C 3/06	V

審査請求 未請求 請求項の数10 OL (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平10-206864

(22) 出願日 平成10年7月22日(1998.7.22)

(71) 出願人 000001889

三洋電機株式会社

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号

(72) 発明者 蚊野 浩

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三

洋電機株式会社内

(72) 発明者 西條 淳夫

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三

洋電機株式会社内

(74) 代理人 100086391

弁理士 香山 秀幸

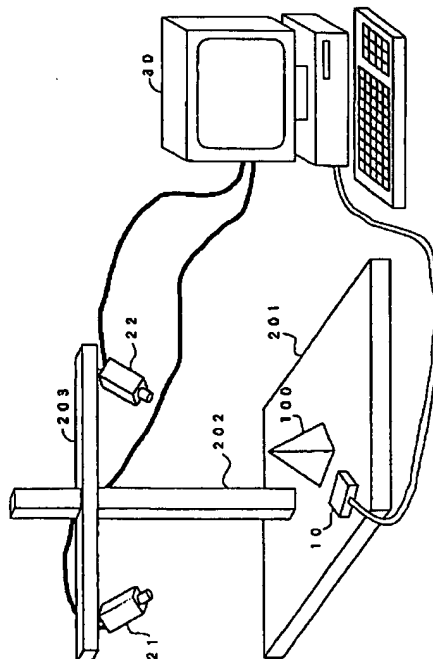
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 形状測定方法および形状測定装置

(57) 【要約】

【課題】 この発明は、特別な走査メカニズムを用いることなく自由度の高い走査を実現でき、複雑な形状をもつ被測定物の形状を測定できるようになる形状測定装置を提供することを目的とする。

【解決手段】 測定者によって自由に移動せしめられる測定ヘッドを用いて、測定ヘッド中心の座標系における被測定物上の測定点の座標を求める第1ステップ、ワールド座標系での測定ヘッドの位置に関する情報を求める第2ステップ、および第2ステップで求めたワールド座標系での測定ヘッドの位置に関する情報に基づいて、第1ステップで求めた測定ヘッド中心の座標系における被測定物上の測定点の座標を、ワールド座標系の座標に変換する第3ステップを備えている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 測定者によって自由に移動せしめられる測定ヘッドを用いて、測定ヘッド中心の座標系における被測定物上の測定点の座標を求める第1ステップ、ワールド座標系での測定ヘッドの位置に関する情報を求める第2ステップ、および第2ステップで求めたワールド座標系での測定ヘッドの位置に関する情報に基づいて、第1ステップで求めた測定ヘッド中心の座標系における被測定物上の測定点の座標を、ワールド座標系の座標に変換する第3ステップ、を備えている形状測定装置。

【請求項2】 測定ヘッドは、能動的なステレオ計測方法によって被測定物上の測定点の位置を測定するものである請求項1に記載の形状測定装置。

【請求項3】 第2ステップでは、所定位置に固定された1または複数のビデオカメラによって測定ヘッドが撮像され、その撮像画像に基づいてワールド座標系での測定ヘッドの位置に関する情報が求められることを特徴とする請求項1および2のいずれかに記載の形状測定装置。

【請求項4】 第2ステップでは、測定ヘッドに取り付けられたビデオカメラによって所定位置に固定された所定のパターンが撮像され、その撮像画像に基づいてワールド座標系での測定ヘッドの位置に関する情報が求められることを特徴とする請求項1および2のいずれかに記載の形状測定装置。

【請求項5】 ワールド座標系での測定ヘッドの位置に関する情報が、ワールド座標系における測定ヘッドの移動を表す回転ベクトルおよび並進ベクトルである請求項1、2、3および4のいずれかに記載の形状測定装置。

【請求項6】 測定者によって自由に移動せしめられる測定ヘッド、測定ヘッドを用いて測定ヘッド中心の座標系における被測定物上の測定点の座標を求める測定点座標算出手段、ワールド座標系での測定ヘッドの位置に関する情報を求めるための測定ヘッド位置測定手段、および測定ヘッド位置測定手段によって求められた測定ヘッドの位置に関する情報に基づいて、測定点座標算出手段によって求められた測定ヘッド中心の座標系における被測定物上の測定点の座標を、ワールド座標系の座標に変換する座標変換手段、を備えている形状測定装置。

【請求項7】 測定ヘッドは、能動的なステレオ計測方法によって被測定物上の測定点の位置を測定するものである請求項6に記載の形状測定装置。

【請求項8】 測定ヘッド位置測定手段は、所定位置に固定されかつ測定ヘッドを撮像するための1または複数のビデオカメラと、ビデオカメラによって撮像された画像に基づいてワールド座標系での測定ヘッドの位置に関する情報を求める手段とを備えている請求項6および7

のいずれかに記載の形状測定装置。

【請求項9】 測定ヘッド位置測定手段は、測定ヘッドに取り付けられかつ所定位置に固定された所定のパターンを撮像するためのビデオカメラと、ビデオカメラによって撮像された画像に基づいてワールド座標系での測定ヘッドの位置に関する情報を求める手段とを備えている請求項6および7のいずれかに記載の形状測定装置。

【請求項10】 ワールド座標系での測定ヘッドの位置に関する情報が、ワールド座標系における測定ヘッドの移動を表す回転ベクトルおよび並進ベクトルである請求項6、7、8および9のいずれかに記載の形状測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、形状測定装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来から、スポット光またはスリット光を被測定物に照射し、表面に観察される光像の位置から形状を復元する能動ステレオ型の形状測定装置が知られている。

【0003】能動ステレオ型の形状測定装置として、スリット光を回転ミラーによって走査させるものがある。このような走査メカニズムを備えた形状測定装置では、測定器から観察される被測定物の表面の形状を測定することができるが、被測定物全体の形状を測定することができない。

【0004】これに対して、被測定物全体の形状を測定するために、回転ステージを利用し、被測定物を360度の全周囲から観察するようにした能動ステレオ型の形状測定装置が開発されている。しかしながら、被測定物が複雑な形状である場合には、回転ステージを用いても観察できない領域が存在するため、被測定物全体の形状を測定できない。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】従来の能動ステレオ型形状測定装置の問題点は走査メカニズムにある。回転ステージ、回転ミラー等の走査メカニズムは自由度が少なく、複雑な形状をもつ被測定物に対して、その表面を十分に観察することができない。走査の自由度を増すことにより、より複雑な形状の測定を可能にする必要がある。

【0006】一方、自由度の高い走査メカニズムを、メカニカルステージまたはロボットアームで実現しようとすると、装置が高価となるとともに、調整の複雑さを招き易い。

【0007】この発明は、特別な走査メカニズムを用いることなく自由度の高い走査を実現でき、複雑な形状をもつ被測定物の形状を測定できるようになる形状測定装置を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】この発明による形状測定方法は、測定者によって自由に移動せしめられる測定ヘッドを用いて、測定ヘッド中心の座標系における被測定物上の測定点の座標を求める第1ステップ、ワールド座標系での測定ヘッドの位置に関する情報を求める第2ステップ、および第2ステップで求めたワールド座標系での測定ヘッドの位置に関する情報に基づいて、第1ステップで求めた測定ヘッド中心の座標系における被測定物上の測定点の座標を、ワールド座標系の座標に変換する第3ステップを備えていることを特徴とする。

【0009】測定ヘッドとしては、たとえば、能動的なステレオ計測方法によって被測定物上の測定点の位置を測定するものが用いられる。

【0010】第2ステップでは、たとえば、所定位置に固定された1または複数のビデオカメラによって測定ヘッドが撮像され、その撮像画像に基づいてワールド座標系での測定ヘッドの位置に関する情報が求められる。

【0011】第2ステップでは、たとえば、測定ヘッドに取り付けられたビデオカメラによって所定位置に固定された所定のパターンが撮像され、その撮像画像に基づいてワールド座標系での測定ヘッドの位置に関する情報が求められる。

【0012】ワールド座標系での測定ヘッドの位置に関する情報は、たとえば、ワールド座標系における測定ヘッドの移動を表す回転ベクトルおよび並進ベクトルである。

【0013】この発明による形状測定装置は、測定者によって自由に移動せしめられる測定ヘッド、測定ヘッドを用いて測定ヘッド中心の座標系における被測定物上の測定点の座標を求める測定点座標算出手段、ワールド座標系での測定ヘッドの位置に関する情報を求めるための測定ヘッド位置測定手段、および測定ヘッド位置測定手段によって求められた測定ヘッドの位置に関する情報に基づいて、測定点座標算出手段によって求められた測定ヘッド中心の座標系における被測定物上の測定点の座標を、ワールド座標系の座標に変換する座標変換手段を備えていることを特徴とする。

【0014】測定ヘッドとしては、たとえば、能動的なステレオ計測方法によって被測定物上の測定点の位置を測定するものが用いられる。

【0015】測定ヘッド位置測定手段としては、たとえば、所定位置に固定されかつ測定ヘッドを撮像するための1または複数のビデオカメラと、ビデオカメラによって撮像された画像に基づいてワールド座標系での測定ヘッドの位置に関する情報を求める手段とを備えているものが用いられる。

【0016】測定ヘッド位置測定手段としては、たとえば、測定ヘッドに取り付けられかつ所定位置に固定された所定のパターンを撮像するためのビデオカメラと、ビ

デオカメラによって撮像された画像に基づいてワールド座標系での測定ヘッドの位置に関する情報を求める手段とを備えているものが用いられる。

【0017】ワールド座標系での測定ヘッドの位置に関する情報は、たとえば、ワールド座標系における測定ヘッドの移動を表す回転ベクトルおよび並進ベクトルである。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施の形態について説明する。

【0019】〔1〕測定原理についての説明

【0020】図1は、形状測定装置の構成を示している。被測定物100は、台201上に載せられている。台201には、支柱202が取り付けられている。支柱202の上部には、水平バー203が取り付けられている。

【0021】形状測定装置は、測定者によって自由に移動せしめられる測定ヘッド10と、水平バー203の両端部に取り付けられたステレオカメラ21、22と、それらの制御、各種演算等を行うパーソナルコンピュータからなる制御装置30とを備えている。

【0022】図2および図3は、測定ヘッド10の構造を示している。測定ヘッド10は、直方体状で前方開口のケーシング11と、ケーシング11内に収納された1台のCCDカメラ12およびスリット光源13と、ケーシング11の上面に設けられた6つのLED光源14とからなる。スリット光源13としては、半導体レーザが用いられている。

【0023】図4は、測定原理を示している。測定者によって自由に移動せしめられる測定ヘッド10を用いてある測定点Aの座標を計測する。測定された座標を測定ヘッド中心の座標系(x, y, z)で表す。この座標系は、測定ヘッド10の移動とともに移動する座標系である。

【0024】一方、被測定物100の形状は、固定した座標系で表され、この座標系をワールド座標と呼ぶ。測定ヘッド10によって計測された測定点Aのワールド座標を(X, Y, Z)とする。被測定物の形状はワールド座標系で記述する必要があるため、測定ヘッド10によって計測された測定点Aの測定ヘッド中心の座標(x, y, z)を、ワールド座標(X, Y, Z)に変換する。この変換は、測定ヘッド10の移動を表す回転行列Rと並進ベクトルtを用いて、次の数式1に基づいて行われる。

【0025】

【数1】

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = R \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} + t$$

【0026】したがって、ワールド座標系における測定ヘッド10の位置と方向とを、回転行列Rと並進ベクトルtとして求めることで、測定ヘッド中心の座標(x, y, z)を、ワールド座標(X, Y, Z)に変換することができる。

【0027】測定ヘッド10を被測定物100の周囲で移動させながら、上記の処理を行い、その都度得られる(X, Y, Z)の集合として、被測定物100の形状を記述する。

【0028】この形状測定装置による形状測定は、次のような処理手順によって実行される。

【0029】第1ステップ：測定ヘッド10を用いて、測定ヘッド中心の座標系における被測定物上の測定点の座標を求める。

【0030】第2ステップ：ワールド座標系での測定ヘッド10の位置に関する情報、すなわち、ワールド座標系での測定ヘッド10の移動を表す回転行列Rと並進ベクトルtを求める。

【0031】第3ステップ：第2ステップで得られた回転行列Rと並進ベクトルtに基づいて、第1ステップで求めた測定ヘッド中心の座標系における被測定物上の測定点の座標を、ワールド座標系の座標に変換する。

【0032】以下、これらの各ステップについて、説明する。

【0033】〔2〕第1ステップについての説明

【0034】図5は、測定ヘッド10による測定点の位置測定方法を示している。測定ヘッド中心の座標系とは、CCDカメラ12の光学中心を原点とし、光軸方向をz軸、CCDカメラ12の水平方向をx軸、CCDカメラ12の垂直方向をy軸とする座標系である。CCDカメラ12の画像面Sは、原点から焦点距離fの位置に存在する。つまり、画像面Sは、x-y平面に平行でかつz=fである平面である。

【0035】測定ヘッド10による位置計測方法自体は、光切断法と呼ばれる公知の測定方法である。被測定物100の表面上におけるスリット光源13からのスリット光が照射されている線上の所定の点を測定点Aということにする。

【0036】測定点Aの測定ヘッド中心の座標を(x, y, z)とし、画像面S上での測定点Aに対応する観察点A'の座標を(x_s, y_s, f)とし、スリット光を

$$\min \sum_i (X_i' - X_i)^2 + (Y_i' - Y_i)^2 + (Z_i' - Z_i)^2$$

here

$$\begin{pmatrix} X_i' \\ Y_i' \\ Z_i' \end{pmatrix} = R \cdot \begin{pmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{pmatrix} + t$$

【0044】〔4〕第3ステップについての説明

表す平面の方程式を $ax + by + cz + d = 0$ とする。観察点A'の座標(x_s, y_s, f)におけるfは、カメラ12の焦点距離として既知であり、(x_s, y_s)は画像面で観察されるスリット光の画素位置から求められる。

【0037】スリット光を表す平面の方程式は測定ヘッド10の校正によって予め求められている。したがって、x, y, z, αを未知数とする次の数式2で表される連立方程式を解くことにより、(x, y, z)が求められる。

【0038】

〔数2〕

$$ax + by + cz + d = 0$$

$$x = \alpha \cdot x_s$$

$$y = \alpha \cdot y_s$$

$$z = \alpha \cdot f$$

【0039】このような処理は、CCDカメラ12の出力に基づいて、制御装置30によって行われる。

【0040】〔3〕第2ステップについての説明

【0041】第2ステップでは、まず、測定ヘッド10に設けられた各LED光源14のワールド座標がステレオカメラ21、22によって測定される。この位置測定方法は、ステレオ法としてよく知られているので、その説明を省略する。各LED光源14のワールド座標の算出は、ステレオカメラ21、22の出力に基づいて、制御装置30によって行われる。

【0042】次に、測定ヘッド10の移動を表す回転行列Rと並進ベクトルtが求められる。つまり、予め分かっている各LED光源14の測定ヘッド中心の座標を(x_i, x_i, x_i)とする。ただし、iは、1、2、…、6である。また、ステレオカメラ21、22によって計測された各LED光源14のワールド座標を(X_i, Y_i, Z_i)とする。測定ヘッド10の移動を表す回転行列Rと並進ベクトルtは、次の数式3を満足する行列Rとベクトルtとして求められる。回転行列Rと並進ベクトルtの算出は、制御装置30によって行われる。

【0043】

〔数3〕

【0045】第2ステップで求められた回転行列Rと並

進ベクトル t と、上記数式1とを用いて、測定ヘッド10によって測定された測定点の測定ヘッド中心の座標 (x, y, z) が、ワールド座標 (X, Y, Z) に変換されることにより、測定点のワールド座標が求められる。この座標変換も制御装置30によって行われる。

【0046】なお、測定ヘッド10の移動を表す回転行列 R と並進ベクトル t を求めるためには、LED光源14の必要最低数は3個(3点で平面が決まる)であるが、精度を高めるために、ここでは6つ設けられている。

【0047】測定ヘッドとしては、能動的なステレオ計測方法によって被測定物上の測定点の位置を測定するものであれば、上記実施の形態と異なるものであってもよい。例えば、スリット光源の代わりに、スポット光を照射するスポット光源を用いてもよい。また、2台のCCDカメラによって測定点の位置(測定ヘッド中心の座標)を計測するようにしてもよい。

【0048】上記実施の形態では、ワールド座標系における測定ヘッド10の移動を表す回転ベクトル R および並進ベクトル t を求めるために、2台のカメラ(ステレオカメラ)21、22によって各LED光源14を撮像し、この撮像画像に基づいて各LED光源14のワールド座標を算出しているが、1台のカメラによって各LED光源14を撮像し、この撮像画像に基づいて各LED光源14のワールド座標を算出するようにしてもよい。

【0049】さらに、台201上等に所定のパターンを有するシートを固定しておき、測定ヘッドにこのシートを撮像するためのカメラを取付け、このカメラの撮像画像に基づいてワールド座標系における測定ヘッド10の移動を表す回転ベクトル R および並進ベクトル t を求めるようにしてもよい。

【0050】

【発明の効果】この発明によれば、特別な走査メカニズムを用いることなく自由度の高い走査を実現でき、複雑な形状をもつ被測定物の形状を測定できるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】形状測定装置の構成を示す模式図である。

【図2】測定ヘッドを示す平面図である。

【図3】測定ヘッドを示す正面図である。

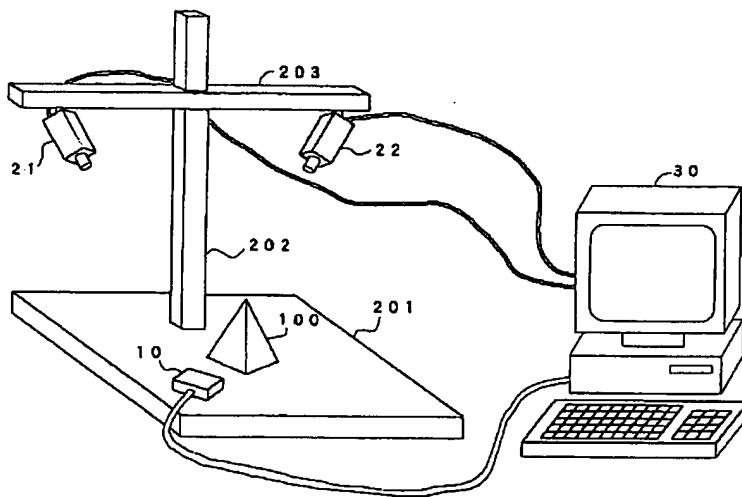
【図4】測定原理を説明するための説明図である。

【図5】測定ヘッドによる測定点の位置測定方法を説明するための説明図である。

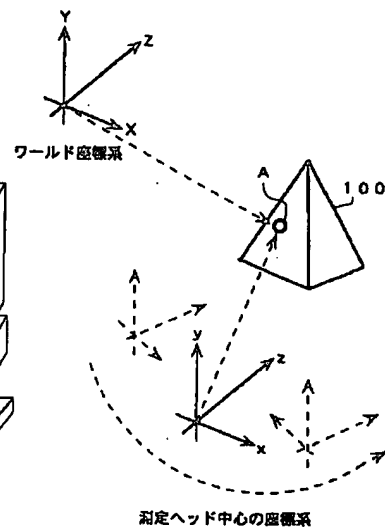
【符号の説明】

- 10 測定ヘッド
- 11 ケーシング
- 12 CCDカメラ
- 13 スリット光源
- 14 LED光源
- 21、22 カメラ

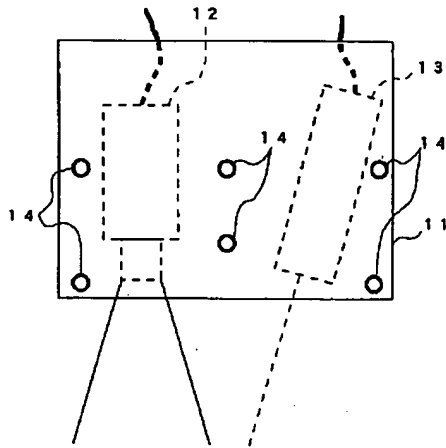
【図1】



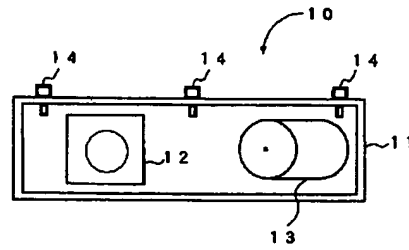
【図4】



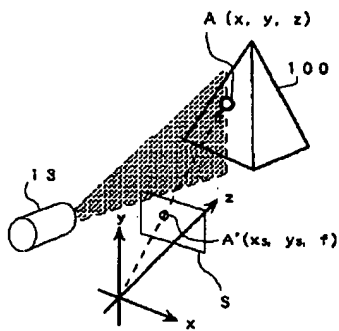
【図2】



【図3】



【図5】



フロント ページの続き

F ターム(参考) 2F065 AA04 AA53 DD00 FF01 FF05

GG06 GG07 GG09 HH04 HH05

JJ03 JJ05 JJ13 JJ26 MM13

MM23 PP03 PP22 UU05 UU06

2F112 AC02 AC03 AC06 BA09 CA08

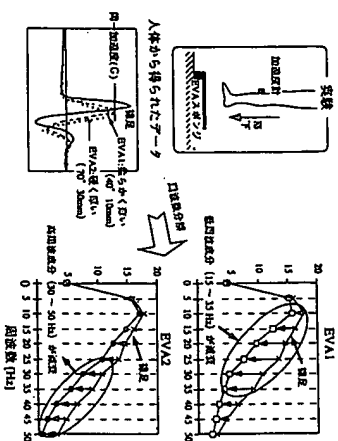


図2 シューズ荷重測定性評価例

向 (底面と側面) = 12個のレーザー距離計を使用し立位荷重状態の立体形状を約15秒で測定する装置が1990年完成した。1992年バベルセロまで空輸しオリンピック村で300人超の選手の足の計測を実施したように可動性は満足できる上でありであった。ガラスを透過しての距離計測、レーザーは皮膚表面で反射せず多少生体組織に透過するという性質から発生する距離精度の問題、あるいは複数回のセンサーからの距離データを連続3次元の距離データ収集の目的には十分立っている。図3はデータの一例である。

5. 運動計測

5.1 人の動作分析

商品開発のための動作分析は1982年頃から始まった。最初は被測定物にマーカーを8ミリや16ミリ高速度カメラで撮影、結果をスクリーンに投射し人間がマーカーの位置を認識し2次元分析をおこなう程度であった。1987年頃には複数のカメラを用いた3次元分析は技術的に可能であったが時間がかかりすぎるため実施する機会が少なかった。

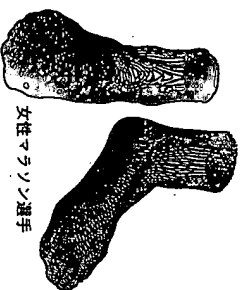


図3 足の3次元形状計測例

1987年マラソンの高速度VTRが導入されたが、現像しなくとも分解能の粗さという欠点はあったが、現像しなくともという即時性や低ランニングコストから多用されるようになった。画像情報電気信号化にともない自動処理も可能になった。その場合、測定ポイントも反射マーカー(3Mのスコープライトなど)を用いて精度をあげるなど改良された。撮影した画像は発達してきたパソコン(シーメンスのX-1)に送られ、背景との輝度信号の差を利用してマーカー位置の自動抽出システムを開発した。しかし複数のカメラを用いた3次元自動計測システムについてはイギリスで開発されたバリエーション(1992年)で対応した。また画像情報(身体運動軌跡画像)は床反力や加速度信号、筋放電信号などとの同期装置も必要で当初から自作や特注で対応してきた。

動作分析は商品機能の評価以外にスポーツ障害の予防・治療の研究にも役立っている。解剖学的欠陥(たとえば扁平足など)により不必要な下肢の運動(マーカーの低下や下腿の内転など)が発生し過度なストレスが特定の組織に蓄積し、障害(外反母趾や膝の痛み)を誘発する。障害の治療・予防用靴の最適化案の目的で、靴構造と下肢の運動制御の間の相互作用を研究している。図4は靴の構造を変えた場合の下腿や足部の運動軌跡の変化を捉えたもので、靴の構造が下肢の運動を支配し、ひいては様々な障害の発生や防止と関係が深いことを示す例である。

5.2 高速度撮影計測

ゴルフクラブや野球バットの衝突現象解析はストロボに

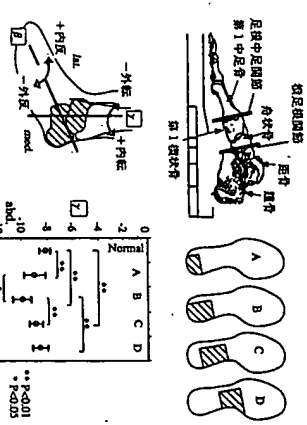


図4 通常の靴の底反力センサーの位置を斜線部のみ運動に束

なからくしたAからDの軌跡で下腿の運動にどのような影響があるか調べた結果、一例、足部に反射マーカーを添付し3次元計測を行った。結果のグラフから下腿内旋については shoes B が最も大きく、シューズBの着込みが最も影響することかわかる。このほかマーカー位置の変化、踵部外反なども調べている。

より多量露光ビデオ静止画によって運動解析を行う。本装置を用いることにより、野球バットやゴルフクラブの反発分布、逆にボールの反発、クラブヘッドの運動軌跡など道具の運動あるいはゴルフクラブの打撃の解析などが可能になる。ゴルフクラブの打撃分析では打撃後のクラブヘッドの時間を短縮するための処理速度が課題でマーカーのセッ

ト方法、アルゴリズムの一部は特許申請中である。信号処理は以下の手順で行われる。
2台のカメラで空間座標既知の15個のコンタロールポイント撮影→任意のカメラ位置で撮影した2枚の映像中の2次元座標から、空間座標値を求めるためDLT法で各カメラ係数計算→被測定物にマーカーの添付(クラブヘッドフレイスでは3個所に直径4mmの反射マーカー)→スライダ光センサーで検出→マーカーストロボを露光させCCDカメラで撮影(0.67 ms 間隔で10回多量露光しマーカーの運動を記録する)→デジタルイメージ処理→格納→前処理: ベクトル、人工芝などからの反射が生じる小さな点(ノイズ)を除く。2値化処理: マーカーと背景の輝度差によってマーカー部分を抽出。中心座標算出: マーカーに対応する座標の中心座標を算出する。→コンピュタへ(マーカー座標値の時系列運動情報へ変換)→グラフィック表示(本システムでは三角形で表現したマーカー映像が一枚の表示画面中5から9個得られる)→この映像から外枠によってマーカーの中心座標の運動(打撃位置、速度、角度)を推定して、計測誤差は約1%である。図5は計測結果表示例である。

6. シミュレーションと計測技術
商品に必要な要求特性を迅速に具現化するための最速設計には有限要素法を使ったシミュレーションが効果的な手段であり1987年頃から導入を開始し現在では日常的な解析が可能になった。

しかし精度を向上させるためには解析ソフトやハードウェアに材料物性、モジュール、拘束条件、荷重条件など入力情報の正確性が重要である。このうち荷重条件(使用時に用いるに加わる荷重の速度、大きさ、分布、方向など)を知るには実験(計測)技術が不可欠である。当社の場合スポンジ研究のための各種材料試験機や競技中の身体や用具に働く反力、運動、衝撃、ひずみ、それらと同期した2次元、3次元の画像解析などに関する実験装置の存在と実験技術の蓄積が有限要素法の早期実用化に大きく貢献している。しかし正確な荷重条件を計測するうえでは現在でも困難な場合も多く、小型安価というコストアップの課題を生かし、既存商品の荷重に対する応答の計測を繰り返す、そのデータからシミュレーション精度の向上を図るケースも多い。

7. ランニングスニーカー開発における計測事例

バベルセロオリンピック前、当時100 m 世界記録保持者リロイ・バベル選手は、スバックスシューズの反発性を求めていた。反発性向上のためスバックスシューズの形状や底型に注目しトラッキング表面を捉えて清らかな機能、フォーム特性からなるトラッキングの弾力性を生かす機能をもつスバックスが完成した。しかしバベル選手は「反発性が高すぎる」というコメントを残して去っていった。反発性を軽減し地面のエネルギー吸収問題として捉え、その点では満足のおく靴を完成させた我々にとって「実験データ」と選手の感覚評価の「矛盾」解決への新たな挑戦が始まった。

一箇所点に戻るということ、一箇所のスプリングを架設研究所の実験用足踏に設置したスバックスの床反力計をもちいて走行中に脚からシューズを通してトラッキングに作用するスバックスの詳細な分析を行なった。その結果、特にスタート、アップ、ハーフマラソンでは通常走行時の8~10倍という予想以上の反発力がシューズを通してトラッキングに作用していることが判明した(図6参照)。さらに選手が使用中のスバックスシューズを詳細に観察すると、中央部分のフラスバック(折れ曲)が見られた。鋭いスタート、アップ、ハーフマラソンでの大きな反発力に耐えるためのフラスバックの剛性が不足し、マーカー部分が変形してしまっていたのである。また同じ実験データからマーカーでは左側面方向にスバックスの30~40倍のエネルギーがシューズ

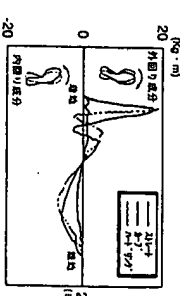


図6 トラッキングに作用する反発力

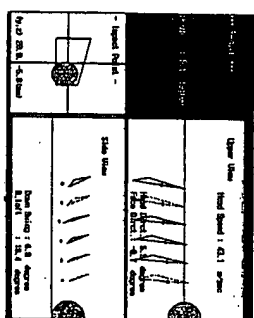


図5 計測結果表示例



図7 新開発路上スバイクシューズ

を通してトラッキングに作用していることも判明した。さらに高速度ビデオ画像には外方向への大きな力のため、足の甲部分の生地（甲被）が、シューズ外側にはみ出すように変形している状態が記録されていた。

このような情報から「中央部分のソール剛性と甲部の拘束力向上が選手のいう反発性、安定性を支配する要因ではないか」という新しい仮説を立案した。

仮説の検証のため剛性を強化したナイロン樹脂による一体成型ソールをCAD-CAEを利用して設計した。さらに、甲部の強力な拘束を実現するため、ヒモに替えてベルトを使用するシステムを製作した。試作品を用いて大学選手による実走テストを重ね、改良された商品の形になっていった。図7は開発商品の写真である¹⁴⁾。

試作品を用いた選手の感想として、ついに「高い反発性、安定性のある靴」という評価を得ることが出来た。従来スバイクと比較した計測データでも、着地時間の短縮や着地中の力積の増加、走速度の向上に有意差が認められた。完成直後アスリート選手で1998年全国日本選手権でもアスリート記録を塗り替えた。本スバイクを着用した他の選手も自己新記録を塗り替えている。この時は決勝6名中5名が使用し1〜4位独占と本スバイクの機能が選手に支持されたものと考えている。さらに98年アジア大会でも本シューズを着用した1選手が100m 10秒00の日本新記録を樹立している。

8. おわりに

本稿では各種の計測技術が商品の評価や開発に活用されていることを紹介した。しかし優れた商品とは単純な機械的特性だけでなく、人の特性との組み合わせ、外的条件、心理状態など一体となって決まるものであり、正しく評価することは非常に難しい。そのため様々な刺激（異なる用具を使用するなど）に対する人の快・不快などの反応を非侵襲的に計測するシステムの開発が課題であると考え

ている。もうひとつの課題として、現在の人の被験者に代えてコンピュータ内に作成した人体モデル（CADモデルなどと呼ばれている）を使用した商品の評価を試みている。そのモデル作成のためには様々な人体特性データが必要であるが既存のデータは少なく、そのための計測技術の開発、データベースの作成なども今後の産業界全体の課題であると考えている。

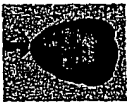
(1999年1月8日受付)

参考文献

- 1) T. E. Clarke 他, Biomechanical measurement of running shoe cushioning properties, Biomechanical aspects of sport shoes and playing surfaces, 25/33, 1983 など
- 2) 福岡正由, シューズ機能の評価方法, 日本機械学会誌, 95-988, 984/988, (1992)
- 3) 西島剛史 他, 着地衝撃におけるシューズソールの振動特性シミュレーション, スポーツ工学シンポジウム講演集, 9/12, (1998)
- 4) 中谷一, 福岡正由 他, 走行時の下肢の運動分析-一部関節筋筋電図データについて, 臨床スポーツ医学, 6 (8期): 427/431, (1989)
- 5) 中野 身, リンゴモデルを用いたランニング時における足関節の運動解析, 第10回日本機械学会バイオエンジニアリング講演集 (1998)
- 6) 中野 身, シューズの動特性評価を目的とした下肢の運動モデルの構築, スポーツ工学シンポジウム講演集, 17/20, (1998)
- 7) 中野 身 他, シューズの動特性評価を目的とした下肢の運動モデルの構築, スポーツ工学シンポジウム講演集, 17/20, (1998)
- 8) 西島剛史 他, シューズソール材料の力学的特性シミュレーション, スポーツ工学シンポジウム講演集, [No. 97-34], 63/67, (1997)
- 9) 福岡正由 他, 有阻害条件下を用いたスバイクシューズの足上計測装置, スポーツ工学シンポジウム講演集, 940-59, 91/94, (1994)
- 10) 福岡正由 他, 路上スバイク設計へのCAEの適用, スポーツ工学シンポジウム講演集, 13/16, (1998)
- 11) 西川剛史 他, バットの力学的特性が反発性に及ぼす影響, スポーツ工学研究, 5-2, 19/24, (1995)
- 12) 高本直樹, 速く走るための路上スバイクはどのようなべきか, 第36回日本WSE学会論文集, 138 (1997)

著者紹介

福岡正由
1970年千葉工業大学工学部工業化学科卒業, 同年3月オニキス株式会社 (現アシックス) 入社。ゴム製造・配合の研究, 靴底材の評価・試験方法・商品化 (靴) の評価方法などの研究, 商品開発に従事。98年5月よりアシックス工学研究所所属, スポーツ工学研究系, 日本体育学会, 体力医学会, 日本バイオメカニクス学会, 日本医学生理学会など所属。



事例紹介：特集
スバイクを支える計測・制御システム

ミズノ (株) 研究開発部 運動科学・生産技術部 〒112-85
* Mizuno Corporation, Research & Development Department,
1-12-25, Minato-Kita, Sumitomo-Kai, Osaka, Japan
E-mail: yabukita@mizuno.co.jp

1. はじめに

ゴルフにおける競技課題は、遠距離にある目標地点へボールを到達させることにある。ボールに適切な初速とスピンを与え、適切な方向に打ち出すことで、この課題は達成されるわけであるが、このボールの飛び出し条件は、ゴルフクラブヘッドの機械特性と衝突時のボールの運動状態に支配される。このような理由から、従来からゴルフクラブの開発において、ヘッドの機械特性が設計上の主とした制御対象とされてきた。

一方、ゴルフスイングの研究も以前から行われているが、その研究目的はクラブの設計に関するものではなく、ゴルフの技術評価等に関するものがほとんどである。ところが、上述のクラブヘッドの衝突時の運動は、言うまでもなくゴルフスイングの飛球条件により生み出されるものであり、ボールの飛球条件を決定するもののひとつとして、ゴルフスイングそのものをクラブ設計上の制御対象として扱うことも可能であろう。

本稿ではゴルフクラブの機械特性の1つである慣性特性とゴルフスイングとの相互関係について、バイオメカニクスの研究事例を紹介し、今後のゴルフクラブの開発の中で、ゴルフスイングがどのように扱われていくべきか展望する。

2. ゴルフスイングのモデリング

ゴルフクラブの慣性特性がスイングにおよぼす影響を解析するために、リンゴセグメントモデルを用いる。実際のゴルフスイングは3次元運動であるが、スイング中クラブ

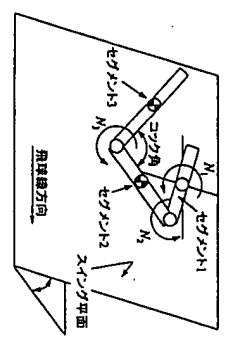


図1 ゴルフスイング解析モデル

3. ゴルフスイングの計測

解析に先立ち、実際のゴルフスイングデータを収集しなくてはならない。2次元モデルで解析としても、その運動軌道平面をあらかじめ知ることは困難であるので、3次元運動情報を収集する方が実用的である。3次元運動情報の収集手段は現在ではさまざまな方法が考えられるが、ここではビデオ映像によるDLT (Direct Linear Transformation) 法¹⁾を用いる。DLT法では空間座標 (x, y, z) と映像座標 (u, v) との関係が:

$$u = \frac{A_1x + A_2y + A_3z}{C_1x + C_2y + C_3z + C_4}$$
$$v = \frac{B_1x + B_2y + B_3z}{C_1x + C_2y + C_3z + C_4}$$

となることを利用して、あらかじめ座標既知の点を2台以上のカメラで撮影しておき、空間座標からそれぞれのカメラの映像座標への変換係数を求めておく。計測段階では、得られた映像座標からなる正規方程式を解くことにより、空間座標を再構築する。図2は実際のゴルフスイングの3次元座標データをスライダ図で表示したものである。

こうして得られた3次元座標データから、解析対象とするセグメントの運動軌道平面を最小2乗法等により求め、解析モデルの状態量を関節角度として同定する。

Reference No. NCA1001035

Dispatch No. : 127302

Date Mailed: April 23, 2002

Notice of Rejection

Patent Application No. : JP 2000-112983
Date of Preparation of This Notice : April 19, 2002
Patent Office Examiner : Yuji Fukuda 9109 2S00
Attorney for the Applicant : Tadamasa Shibano
Provision Applied : Article 29, Subsection (2)

The subject application is rejected for the reasons described below.
If there are any opinions about it, arguments can be submitted within
sixty days from the mailing date of this notice.

Reasons

The invention related to the claim(s) identified below could easily
have been made, prior to the filing of the subject application, by a person
with ordinary skill in the art to which the invention pertain, on the basis
of the invention(s) described in the publication(s) listed below, which
had been distributed in Japan or elsewhere prior to the filing of the
subject application. Therefore, a patent is not granted to the claimed
invention under Article 29, subsection (2) of the Patent Law.

Note

[With respect to the inventions recited in claims 1-6]

Cited Reference 1: J P 1 1 - 0 8 3 4 5 2 A

Cited Reference 2: J P 5 8 - 2 0 6 9 0 9 A

Cited Reference 3: J P 0 9 - 1 2 8 5 4 9 A

Cited Reference 4: J P 0 9 - 0 1 4 9 3 0 A

[Remarks]

In the shape measuring method using the coordinates transforming means as recited in the cited reference 1 (in particular, see the paragraph [0024]), the scanning means of the measuring head can be changed depending on an object to be measured, and as such this is a matter of design. Therefore, there is no difficulty in modifying the scanning means to have the measuring head move along the circular rail.

In addition, detecting the position of the measuring head from images is the known art as recited in the cited reference 3. It is only replacement of equivalent means to substitute the known art for the head position detecting means in the invention of the cited reference 1. In addition, it is a matter of design to make the head and the head position detecting means separable from each other, since the two means function independently.

Furthermore, the shape of a foot is exemplified as an object to be measured in the cited reference 4, and as such it is the known art.

Record of Prior Art Search

• Field of Search : IPC 7th edition G01B 11/24
• Prior Art : JP 08-132373 A

This record of prior art search does not provide grounds for rejection.

If you have any questions about this Notice of Rejection or request an interview, please contact the following:

First Patent Examination Division

Mensuration (Distance and Electric Measurement)

Yuji Fukuda

Tel: 03(3581)1101 Extention No. 3256

Fax: 03(3501)0604

拒絶理由通知書

期限: 6月22日

特許出願の番号

特願2000-112983

起案日

平成14年 4月19日

特許庁審査官

福田 裕司

9109 2S00

特許出願人代理人

芝野 正雅 様

適用条文

第29条第2項

この出願は、次の理由によって拒絶をすべきものである。これについて意見があれば、この通知書の発送の日から60日以内に意見書を提出して下さい。

理 由

この出願の下記の請求項に係る発明は、その出願前日本国内又は外国において頒布された下記の刊行物に記載された発明に基いて、その出願前にその発明の属する技術の分野における通常の知識を有する者が容易に発明をすることができたものであるから、特許法第29条第2項の規定により特許を受けることができない。

記

請求項1-6に係る発明について

- ・特開平11-083452号公報（引用例1）
- ・特開昭58-206909号公報（引用例2）
- ・特開平09-128549号公報（引用例3）
- ・特開平09-014930号公報（引用例4）

[備考]

引用例1（特に段落番号[0024]参照）に記載された座標変換手段を利用した形状測定方法において、測定ヘッドの走査手段は、被測定対象に応じ適宜変更する設計事項であり、用は例2の如く環状レールにそって移動するよう変更することにも何ら困難性はない。

なお、走査ヘッドの位置を画像により検出することは、引用例3に記載された周知技術であり、引用例1記載の発明において、ヘッド位置検出手段に係る周知技術に置き換えることは均等手段の置換に過ぎず、またヘッド位置検出手段とヘッドとは独立に機能するものであるから両者を着脱可能とすることも当業者が適宜なし得る設計変更には過ぎない。

さらに、被測定対象として、足の形状を例示したものも引用例4にて公知なものである。



先行技術文献調査結果の記録

- ・調査した分野 IPC第7版
G01B11/24
- ・先行技術文献
特開平08-132373号公報

この先行技術文献調査結果の記録は、拒絶理由を構成するものではない。

この拒絶理由通知書について問い合わせがあるとき、または、この出願について面接を希望されるときは、ご連絡下さい。

連絡先 審査第一部 計測（距離・電気測定） 福田 裕司
TEL 03-3581-1101 内線3256
FAX 03-3501-0604